

Philip Leistner, Karlheinz Bay

Gestaltungs- und Einsatzvarianten aktiver Resonatoren

Einleitung

Die Hinzunahme der Kategorie „aktiv“ bedeutet für akustische Resonatoren an sich keine neu hinzukommenden akustischen Elemente oder Komponenten. Die Wirksamkeit der Resonatoren wird jedoch durch die Integration elektro-mechanischer oder elektroakustischer Wandler verändert und gesteigert. Zur Beschreibung der aktiven Resonatoren sind akustische und regelungstechnische Modelle und Methoden zu verknüpfen [1], da die Wechselwirkung der Resonator-Elemente mit den jeweils anregenden akustischen Größen (Schalldruck etc.) erfasst und gleichzeitig beeinflusst wird. Einige Gestaltungsvarianten haben bereits praktische Bedeutung als Schalldämpfer im technischen Schallschutz erlangt. In **Bild 1** ist eine aktive Schalldämpfer-Kassette mit ihren wesentlichen Bestandteilen gezeigt.

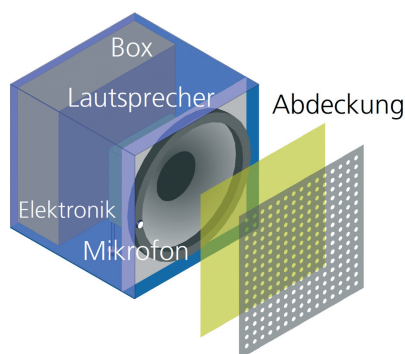


Bild 1: Aufbau und Bestandteile einer aktiven Schalldämpfer-Kassette [1,2].

Die Nachfrage, mit immer weniger Platz immer mehr tieffrequente Lärmquellen zu beruhigen, führt zu neuen Einsatzfällen mit angepassten Komponenten.

Modifikationen

Ausgehend vom Aufbau in **Bild 1**, der sich vereinfacht als aktivierter akustischer Masse-Feder-Resonator betrachten lässt,

bestehen technisch einfache und auch preislich unerhebliche Veränderungen in der Verwendung zusätzlicher Mikrofone. Eine Variante stellt die Nutzung eines Mikrofans in der Box hinter dem Lautsprecher dar [2], um das Dämpfungsspektrum des Resonators im Bereich von etwa zwei Oktaven zu variieren. Bezogen auf die Anwendung im Kanal (bei streifendem Schalleinfall) führt eine unterschiedliche Positionierung des Mikrofans nach **Bild 2** zu einer ähnlichen Variabilität, allerdings mit anderem akustischen Hintergrund. Die Bezeichnung ‚upstream‘ beschreibt die Mikrofonposition in Richtung der Schallquelle. Standardmäßig installiert, kann per Schalter zwischen den Mikrofansignalen gewechselt werden. Aber auch das Summensignal kann von praktischem Vorteil sein. Der Effekt auf die Dämpfung ist in **Bild 3** beispielhaft dargestellt. Als Vergleich bei gleichen Dimensionen dient ein passiver Schalldämpfer mit entsprechender Baugröße. Die Nutzung des selektiv summierten Signals einer Mehrzahl von Mikrofans (**Bild 2, rechts**) geht einen Schritt weiter, um auf

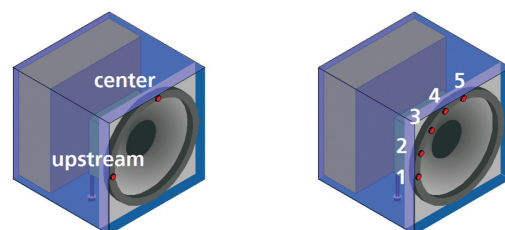


Bild 2: Positionierung mehrerer Mikrofans vor dem bzw. am Rand des Lautsprechers zur Einstellung des Dämpfungsspektrums.

praktische Randbedingungen zu reagieren:

- Stabilität des Regelkreises: diese ist vorwiegend bei hohen Frequenzen zu beachten und wird durch Überlagerung mehrerer Mikrofansignale erhöht.
- positionsabhängige Wirkung bei Stehwellen im Kanal: gerade die Schalldruckminima werden in Kanälen endlicher Länge z.T. von einem Mikrofan nicht detektiert. Diese Gefahr sinkt bei Erfassung an unterschiedlichen, wenn auch eng benachbarten Orten in Schallausbreitungsrichtung.

– Dämpfungswirkung bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten (>10 m/s): Die 'Trennung' von kohärentem Schallsignal und inkohärenten strömungsinduzierten Signalen bei der Signalerfassung mit mehreren Mikrofonen ist eine bereits früher verfolgte Absicht [3]. Der theoretisch beachtliche Effekt ist zwar praktisch nicht ganz erreichbar, angesichts des geringen Aufwandes lohnt jedoch jede Verbesserung.

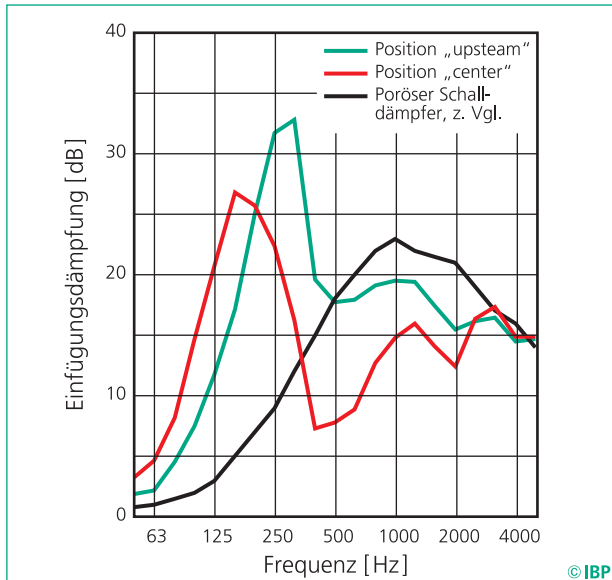


Bild 3: Gemessene Einfügungsdämpfung Aktiver Schalldämpfer-Kassetten in Kulissen (Breite und Spaltweite 200 mm, Länge 500 mm) mit unterschiedlicher Mikrofonposition (siehe Bild 2) im Vergleich zu einem passiven Schalldämpfer gleicher Abmessung.

Anwendungsfälle

Die Verwendung in Strömungskanälen ist sicher ein wesentliches Einsatzgebiet. In nahezu unveränderter Form können die aktiven Resonatoren z.B. auch bei Lüftungsöffnungen in Wänden (von Kapseln, Kabinen, zwischen Räumen u. dgl.) zur Erhöhung der tieffrequenten Schalldämmung beitragen. In Bild 4 sind drei unterschiedliche Einbauvarianten dargestellt. Die Differenzen der Schalldämmung und Einfügungsdämpfung zwischen ein- und ausgeschalteten Aktiven Schalldämpfern sind in Bild 5 gegenübergestellt. Beim Kanal stellt sich die erwartete, deutlich hörbare Wirkung ein. Die Bedämpfung der Öffnung liegt auf niedrigerem Niveau, ist breitbandiger und zu höheren Frequenzen verschoben. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Schall aus dem Senderraum nicht nur streifend, sondern auch schräg auf die Kassette einfällt. In dieser Hinsicht liegt das Labyrinth zwischen den Fällen 'Öffnung' und 'Kanal'. Die erhöhte Schalldämmung zwischen 250 und 500 Hz steht dabei im Kontrast zur 'Einstrahlung' bei 2 kHz. Falls diese von praktischer Bedeutung wäre, ließe sie sich durch ein verlängertes Labyrinth vermeiden. Attraktiver ist jedoch auch hier der Einsatz mehrerer Mikrofone.

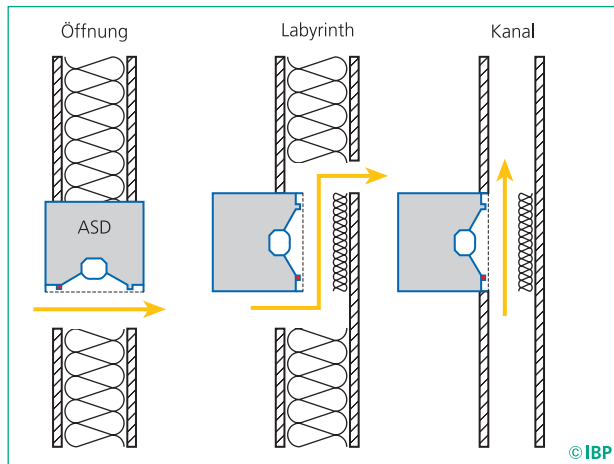


Bild 4: Einbauvarianten Aktiver Schalldämpfer an Wandöffnungen sowie im Kanal (Vergleich).

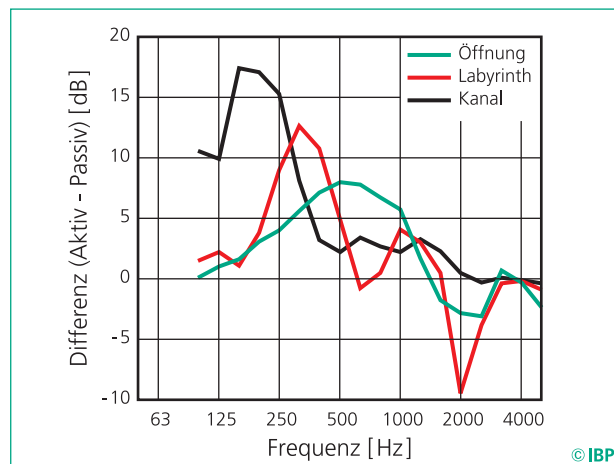


Bild 5: Gemessene Differenz der Schalldämmung (Bezugsfläche und Öffnungsfläche $0,015$ m², Bild 4) und der Einfügungsdämpfung (freie Spaltfläche $0,015$ m²) zwischen ein- und ausgeschalteten Aktiven Schalldämpfern.

Zusammenfassung

Bei den vorgestellten Aktiven Schalldämpfern oder Resonatoren kann heute buchstäblich von einer tausendfachen Anwendung gesprochen werden. Auf dieser praktischen Erfahrung beruhen immer wieder neue Einsatzvarianten mit zum Teil neuen Gestaltungsmerkmalen. Die Gemeinsamkeiten all dieser Varianten sind der einfache, robuste Aufbau und die hohe Dämpfung bei tiefen Frequenzen.

Literatur

- [1] Krüger, J.: Berechnung und praktischer Einsatz aktiv absorbierender Schalldämpfer. Shaker-Verlag, Aachen, 1999.
- [2] Bay, K., Brandstätter, P., Krämer, M.: Modellierung aktiver Kompaktschalldämpfer. DAGA 2006.
- [3] Drotleff, H.: Turbulenzgeräusch in Hybriden Schalldämpfer-Kassetten. Diplomarbeit FhT Stuttgart, 1995.



Fraunhofer
Institut
Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK IBP

Institutsleitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer

70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/970-00
83626 Valley, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/643-0
34127 Kassel, Gottschalkstr. 28a, Tel. 05 61/804-18 70

Herstellung und Druck: IRB Mediendienstleistungen des Fraunhofer-Informationszentrums Raum und Bau IRB, Stuttgart
Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik